

Lauri Sainio

PUURUNKOISEN TALON RUNKOVAIH- TOEHTOJEN VERTAILU

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka

Maaliskuu 2015

Tekijä	Tutkinto	Aika
Lauri Sainio	Insinööri (AMK)	Huhtikuu 2015
Opinnäytetyön nimi Puurunkoisen talon runkovaihtoehtojen vertailu		31 sivua 8 liitesivua
Toimeksiantaja Hausia Oy		
Ohjaaja Yliopettaja Tarmo Kontro		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työni tarkoituksena oli vertailla toteutettavan asuinrakennuskohteen jo valitulle runkoratkaisulle vaihtoehtoinen toteutustapa. Kohteen puurunko toteutettiin puuelementeistä, joten vertailtavaksi valitsin paikalla rakentamisen. Jotta vertailu olisi pysynyt riittävän tarkkana, muttei liian isotöisenä, valitsin 12 asunnon kohteesta yhden asunnon vertailtavaksi. Urakkarajat olivat samat niin elementtivaihtoehdossa niin kuin myös paikalla rakentamisen-vaihtoehdossa.</p> <p>Työ alkoi jakamalla elementtiurakan kokonaisurakkahinta vastaamaan valitun asunnon laajuutta. Näin saatuja työ- ja materiaalikustannuksia vertailtiin itse tehdyn työn vastaaviin lukemiin. Vertailuun kuului lisänä myös aikataulullinen vertailu.</p> <p>Tulokseksi saatiin, että kustannuksellisesti työ olisi kannattanut toteuttaa paikalla rakentaen. Materiaalikustannukset olivat kummassakin vaihtoehdossa liki samat, mutta työ kustannuksissa syntyi eroa. Tämä selittyy sillä, että elementtiurakkaan sisältyy urakoitsijan itselleen määrittelemä kateosuus, mitä siis ei omana työnä tehtävälle vaihtoehdolle erillisenä synny, Aikataulullisesti työ olisi ehdottomasti kannattanut teettää elementeistä, sillä se olisi lähes kaksi kertaa nopeampi toteuttaa.</p> <p>Saadut kustannukselliset tulokset ovat luotettavat, sillä esimerkiksi materiaalikustannuksissa ei mittavia eroja saatu syntymään. On tietenkin mahdollista, että elementtitoimittaja saa käyttämänsä materiaalit Hausia Oy:tä halvemmalla, mutta työn osuudesta muodostuva vajaa kaksikymmentä prosenttia on suhteellisen normaali kateprosentti urakoille.</p> <p>Aikataulullisesti vertailu oli haastavampi, sillä elementtivaihtoehtoa, kuten myös paikalla rakennettavaa työtä voidaan nopeuttaa lisäämällä huoneiston puurungon parissa työskentelevien määrää. Tässä työssä onkin käytetty elementtien osalta jo sovittua asennusaikataulua ja paikalla rakennettaessa kohtuullista määrää työntekijöitä. Tärkeintä tässä työssä oli se, että laskentatavat on esitetty tarkasti, joten niin halutessaan lukija pystyy muokkaamaan laskelmia itselleen sopiviksi suhteellisen helposti.</p> <p>Työssä tultiin siihen tulokseen, että kohteen puurungon toteuttaminen elementeistä on perusteltu vaihtoehto, sillä paikalla rakentamisen vaatima suuri työntekijämäärä ja toteutustavan mukanaan tuoma riskialttius ei korvaa vajaan kahdenkymmenen prosentin kustannussäästöä.</p>		
<p>Asiasanat</p> <p>puurakentaminen, puuelementti, paikalla rakentaminen, kustannuslaskenta</p>		

Author Lauri Sainio	Degree Bachelor of Engineering	Time April 2015
Thesis Title Comparison of Wooden Framed Houses		31 pages 8 pages of appendices
Commissioned by Hausia Oy		
Supervisor Tarmo Kontro, Principal Lecturer		
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to conduct comparison between already chosen prefabricated timber members and on-site built framework. The commissioner of the thesis, Hausia, is also the employer of the author, who also worked at the site in focus of the thesis. To keep the sample of the thesis as compact as possible, only one out of the 12 houses actually built were examined. Contract lines between the two choices were identical excluding some tasks, for example roofing, which was included in the prefabricated timber contract.</p> <p>The differences between the two implementations were compared timetable- and finance-wise. The financial aspect was divided into material and work expenses. Monetary calculations for the timber members were carried out using the target estimates made by Hausia. These expenses were divided to match the extents of the on-site-built wooden frame calculated by the author of the thesis. Calculations for the site built variant were measured and calculated by using plans made by the architects and construction engineers. The timetable for the timber members made by the commissioner was compared to the one made by the author for the on-site built framework.</p> <p>The results in the thesis were revealed that in the expenditure sense the frame should have been made on- site. It was almost seven percent cheaper, than the one made out of prefabricated timber members. The result concerning the timetable was that if the frame was to be made out of prefabricated members, it would be almost twice as fast as the one made at the on-site. The finding supports the fact that the implementation already chosen, prefabricated members, are the best choice. The moderate expense savings do not cover the building period almost twice as long. Moreover, if the frame was to be made on-site, it would be much more vulnerable to such variables as weather which would by default increase costs and affect the timetable negatively by extending it.</p> <p>The financial comparisons are accurate and more importantly clearly laid out, so the reader can modify them with moderate ease. Comparing the two choices timetable-wise was more difficult, since one can fasten both of them quite easily. For keeping the comparison as accurate as possible, only a moderate number of workers was planned to be working with the on-site implementation.</p> <p>These findings can and will be used by Hausia when examining future building projects. The company is building a similar project and the findings of the thesis will thus be closely examined.</p>		
<p>Keywords wood building, prefabricated timber members, site built framework, expenditure calculations</p>		

ALKUSANAT

Olin vielä syksyllä tekemässä opinnäytetyötä eri yritykselle sekä valmistuttuani menossa tälle yritykselle töihin. Ehdin opinnäytetyön jo aloittaakin ja materiaalia sitä varten hankkia. Taloustilanne tässä yrityksessä kuitenkin muuttui ja kävi nopeasti selväksi, etten pysty tälle yritykselle valmistuttuani työllistymään, eikä yrityksen kanssa valitsemani aihekaan oikein herättänyt innostusta oppilaitoksessa. Tulinkin siihen ratkaisuun, että jo vuodesta 2007 alkanut urani kyseisen yrityksen palveluksessa tulee päättymään, eikä opinnäytetöihin ole intressejä kummallakaan osapuolella enää syytä viedä loppuun.

Onnekseni pääsin nopeasti tämän jälkeen Hausia Oy:n palvelukseen ja saimme sovituksi myös, että tulen Hausialle opinnäytetyön toteuttamaan.

Haluaisinkin kiittää Hausia Oy:ltä erityisesti Liisa Seppälää aiheen valinnassa, Esa Kaivolaa työn yleisestä ohjaamisesta sekä Ari Toivosta, että Ilkka Lainetta kustannuksellisten asioiden selvittämisessä. En olisi pystynyt toteuttamaan tätä työtä ilman heidän apuaan. Heiltä saamani välitön tuki edesauttoi minua saamaan tämän työn valmiiksi.

Koulun puolelta haluaisin kiittää Tarmo Kontroa sekä Anu Kuusela työni ohjaamisesta. Heiltä sain tarvittaessa tukea materiaalin hankkimiseen ja oikeaan lähestymistapaan.

Espoossa 31.3.2015

Lauri Sainio

SISÄLLYS

ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO.....	6
1. PUU RUNKOMATERIAALINA.....	7
1.1. Perustietoa	7
1.2. Puun valinta runkomateriaaliksi kohteessa.....	7
1.3. Rakennejärjestelmät.....	8
2. PUUELEMENTTI-VAIHTOEHTO.....	9
2.1. Lähtötiedot.....	9
2.2. Materiaalikustannukset	9
2.3. Työkustannukset.....	10
2.4. Aikataulu ja henkilöstö	12
3. PAIKALLA RAKENTAMINEN-VAIHTOEHTO.....	12
3.1. Lähtötiedot.....	12
3.2. Laskenta	14
3.3. Materiaalikustannukset	17
3.4. Työkustannukset.....	19
3.5. Aikataulu.....	21
4. VAIHTOEHTOJEN VERTAILU	23
4.1. Kustannukset.....	23
4.2. Aikataulutarkastelu	27
5. YHTEENVETO	27
6. TAULUKKOLUETTELO.....	30
LÄHTEET.....	31
LIITTEET	
Liite 1. Puurungon yleisaikataulu (elementti-vaihtoehto)	
Liite 2. Rakennetyyppi US1	
Liite 3. Rakennetyyppi US2	
Liite 4. Rakennetyyppi US3	
Liite 5. Rakennetyyppi US4	
Liite 6. Rakennetyyppi US8	
Liite 7. Rakennetyyppi VS2	
Liite 8. Puurungon aikataulu (pitkä tavara-vaihtoehto)	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja, kuten myös tuleva työnantajani Hausia Oy on uusi tulokas rakennusmarkkinoille ja yrityksen varsinainen rakentamistoiminta alkoi vuonna 2013. Hausia Oy rakentaa uudiskohteita pääkaupunkiseudulle kerrostaloista pientaloihin.

Ensimmäiseksi työkohteeksi valmistuttuani tulee As Oy Tapiolan Golfniitty & -puisto Espoon Mankkaalta. Jo olemassa olevan golfkentän viereen rakennetaan 22 erillis- ja paritaloa kahdessa osassa. Golfpuiston osuuteen kuuluu 12 asuntoa, jotka rakennetaan vuoden 2015 loppuun mennessä ja Golfniityn 10 asunnon rakentaminen alkaa markkinatilanteesta riippuen 2016. Asunnot ovat yksitasoisia, julkisivultaan rapattuja ja vinokattoisia. Huoneistojen runko tehdään puuelementeistä, ja yrityksellä olikin kiinnostusta selvittää kuinka paljon talojen runko olisi tullut maksamaan, mikäli ne olisi tehty niin sanotusta pitkästä tavarasta eli paikalla rakentaen omalla henkilöstöllä.

Opinnäytetyössä vertaillaan keskenään elementeistä ja niiden asennuksesta saatua neliömetrihintaa yhden valitun asunnon (F22) kohdalla laskettuun neliömetrihintaan paikalla rakentaen. Jotta tarkastelu olisi mahdollisimman tarkka, tässä työssä lasketut paikalla rakentamisen kustannukset sisältävät samat suoritteet ja urakkarajat kuin elementtiurakassa. Opinnäytetyössä käsitellään myös aikataulullisia tekijöitä, jotka saattavat myös omalta osaltaan vaikuttaa valittavaan rungon toteutustapaan.

Opinnäytetyössä esitetyt kustannukset muodostuvat materiaali- ja työkustannuksista. Koska työ suunnitellaan tehtäväksi omana työnä, erillistä yrityksen itselleen ottamaa katetta urakalle ei tule ja työntekijöiden urakkahinnoittelussa on laskettuna oma katteensa. Katteella tarkoitetaan omien työ- ja materiaalikustannusten ylittävää euromääräistä lisää, millä urakoitsija kattaa omat muut kulunsa ja voittonsa. Jotta materiaalikustannuksissa tulisi säästöä, ne pyritään hankkimaan suoraan tuotevalmistajilta. Näin toimimalla yritys saa ostaessaan suuria määriä paremman hinnan tuotteille, kuin jos materiaalit hankittaisiin välikäsien kautta.

Tulokset esitetään euro/asuntoneliö-muodossa, mikä on helpoin tapa esittää työstä saadut kustannukset. Vaihtoehtoinen esitystapa olisi esittää kustannukset kutakin valittua seinärakennetta kohti, mutta kohteessa on seinärakenteita lukuisia ja esitystapa olisi turhan epäselvä kokonaistarkastelua varten.

Vertailuun mukaan otetut kustannukset on esitetty tarkemmin omissa luvuissaan. Kustannuksiin sisältyy arvonlisävero (24 %), alalla vallitsevan käytännön vastaisesti. Syynä tähän on se, että näin tulokset on helpompi esittää alaan perehtymättömälle.

1. PUU RUNKOMATERIAALINA

1.1. Perustietoa

Puu materiaalina pitää hallussaan lähes 40 prosentin markkinaosuutta kaikesta rakentamisesta Suomessa, kun yleinen eurooppalainen taso on 4 - 9 prosentin välillä. Kyseinen luku muodostuu pitkälti vapaa-ajan asunnoista ja muita materiaaleja (ml. betoni ja teräs) runkomateriaalina käyttävien rakennusten pintamateriaaleista (Metsäteollisuus 2010).

Puun etuina voidaan pitää painoonsa nähden hyvää lujuutta, kustannustehokkuutta sekä ekologisuutta. Puun suurimpana markkinointivalettina käytetäänkin sen energiatehokkuutta, sillä puutuotteen valmistuksessa, muista käytettävistä rakennusmateriaaleista poiketen, tuotetaan enemmän energiaa kuin kulutetaan. (Metsäteollisuus 2010.)

Haasteina puurakentamisen yleistymiselle voidaan pitää perässä laahaavia palomääräyksiä, sekä rakennusalan vuosikymmeniä hioutuneita tapoja käyttää betonia ja terästä. Myös pitkälle hiotut puuvalmisteet esimerkiksi CLT on betoniseen elementtiin verrattuna kallis. CLT:stä on edempänä lisää tietoa.

1.2. Puun valinta runkomateriaaliksi kohteessa

Syitä miksi Tapiolan Golfpuiston runkomateriaaliksi valittiin puu, alalla yleisemmän betonin sijaan on useita.

Suurimpana syynä voidaan pitää kustannuksia. Koko kohteessa on seinäneliöitä runsaat 2000m², ja mikäli betoni olisi valittu kohteen runkomateriaaliksi,

kohteen rungon kustannukset olisivat olleet tuntuvasti korkeammat. Kustannuksia korottavana tekijänä olisi ollut myös tontin maaperä. Betonirungon mukanaan tuomat lisäkuormitukset olisivat vaatineet mittavammat perustukset ja ottaen huomioon maaperän huonolaatuisuuden, perustamiskustannukset olisivat huomattavasti korkeammat. Yhtenä seikkana voidaan pitää esteettisiä syitä, sillä paikallinen miljö on pientaloaluetta, jota yhdeltä sivulta reunaa kumpuileva vihreä golfkenttä. Asunnonmyynnin kannalta kuvaillussa ympäristössä luulisi olevan helpompi kaupata puu- kuin betonitaloja.

1.3. Rakennejärjestelmät

Tässä työssä käsiteltyyn puurunkoisiin taloihin rungon valmistusvaihtoehtoja olisi ollut käytännössä kaksi: kohteeseen valittu rankarunkoinen elementti sekä jo edellä mainittu CLT (Puuinfo 2015).

Tarkasteltavaan kohteeseen soveltuvista puurungon toteutuksen vaihtoehtoista CLT on ehdottomasti kallein. Nimensä mukaisesti ristiin laminoidusta puusta (Cross Laminated Timber) valmistettu puulevy on varteenotettava vaihtoehto isomman kokoluokan rakennuksissa. CLT:n hyvät ominaisuudet ovat korkea kantokapasiteetti ja isot levykoot, joille ei opinnäytetyön kohteena olevassa kohteessa saavuteta kalliiden kustannusten perustelevia hyötyjä. (Stora Enso 2015).

Jälkimmäinen ja kohteeseen valittu runkojärjestelmä on rankarunkoinen elementti. Kohteen huoneistojen koko huomioiden rankarunko kantavuutta lisäävine liimapuutolppineen ja kertopuupalkkeineen on perusteltu ratkaisu. Syynä miksei runkoa voitu toteuttaa kantaviin seiniin perustuvana ”perinteisenä” rakenteena, olivat huoneistojen yli 8-metriset jännevälit.

Opinnäytetyöhön laskettiin vaihtoehtoinen toteutustapa rankarunkoiselle elementille rakenteiden ollessa identtiset elementtien kanssa.

2. PUUELEMENTTI-VAIHTOEHTO

2.1. Lähtötiedot

Puuelementti-vaihtoehdon pohjaksi tarvitsin puuelementtitoimittajan kanssa tehdyn sopimuksen ja etenkin urakkarajaliitteen. Urakkarajaliitteestä selviää mitä töitä kuuluu urakoitsijalle ja mitä tilaajalle. Kokonaiskustannusjakauma saatiin Hausia Oy:n tekemästä tavoitearviosta. Koska urakkasopimus ja sen kokonaishinta on Hausian ja elementtitoimittajan välistä tietoa; tavoitearviota, töiden kokonaislaajuutta tai urakkasopimusta urakkasummineen ei tässä työssä tuoda julki. Syynä tähän on se, että mikäli kustannukset olisivat esitettynä, valitun elementtitoimittajan kilpailukyky saattaisi markkinoilla heikentyä ja kilpailijat pystyisivät käyttämään tietoa hyväkseen omissa hinnoitteluissaan. Näitä tietoja suojaa asianomaisten yritysten laatima sopimus olla julkistamatta kaupan tarkkoja tietoja.

Tätä työtä varten käytettävissä olleessa tavoitearviossa rungon materiaali- ja muutkin kustannukset oli esitetty koko kohteen laajuudessa. Elementtien kustannukset valitulle asunnolle saatiin urakkakokonaiskustannusten ja paikalla rakentamisen vaihtoehtoa varten laskettujen neliömäärien suhdeluvulla.

2.2. Materiaalikustannukset

Puuelementtivaihtoehdon materiaalikustannukset on laskettu edellisessä kapaleessa kerrotulla periaatteella. Kokonaisurakkahinta ja koko kohteen neliömetrilaajuus jaettiin valitun asunnon neliömetrilaajuudella. Näin saatiin elementtiurakan kustannukset asuntoa F22 kohti. Laskentatapa on esitettynä seuraavaksi.

$$\frac{\text{kokonaisurakkakustannukset (€)}}{\text{koko kohteen laajuus (m}^2\text{)}} = \frac{\text{asunnon F22 kustannukset (€)}}{\text{asunnon F22 laajuus (m}^2\text{)}}$$

Tavoitearvion kustannuksista jätettiin huomioimatta seuraavat osat, jotta vertailtavuus paikalla rakentamisen vaihtoehtoon säilyy:

- Vesipeltien materiaalit ja asennukset
- Ikkuna-aukkojen syvennysten puuverhoilu
- Räystäslaudoitukset
- Kattoluukkujen puutyöt
- Katon harvalaudoitus

Taulukossa 1 on esitetty asunnon F22 materiaalikustannukset, mistä ilmenee Hausia Oy:n arvio elementtivalmistajan materiaaleista maksamasta hinnasta. Kyseiset kustannukset ovatkin arvioita, mutta tätä työtä varten tarpeeksi tarkkoja. Oletusarvoisena voidaan pitää sitä, että materiaalihinnat ovat lähes samat, kuin Hausia Oy:n saamat hinnat. Tätä voidaan perustella sillä, että liikevaihdoltaan yritykset ovat saman suuruisia.

Taulukossa 1 käytetyt materiaalmäärät ovat täysin samat kuin paikalla rakennettaessa. Esitettynä taulukossa on vain tuotenimet, sekä asunnosta F22 laskeutu hinta kyseiselle tuotenimelle.

Taulukko 1. Elementtivaihtoehdon materiaalikustannukset asunnolle F22

Rakennusosa	Kustannukset/asunto (€)
13mm kipsilevy	314,9
48x98 runko k600	64,0
Liimapuupilari 165x165	137,7
Liimapuupilari 165x315	413,1
Kertopuupalkki 51x200	21,2
Kertopuupalkki 51x260	259,2
Liimapuupalkki 165x585	428,9
13mm märkätilakipsilevy	91,0
48x48 koolaus k600	118,5
48x48 koolaus k400	29,3
Höyrynsulkumuovi	178,0
48x198 runko + villa	2901,6
tuulensuojalevy	559,8
Lujalevy 9mm	162,8
koolaus 21x50 k450	70,1
koolaus 25x50 k600	32,0
Rappauskipsilevy 12,5mm	1429,8
Ulkoverhouslauta	344,3
Ikkuna- & ovi-asennus	0,0
Yhteensä:	7556,2

Puuelementtien arvioidut arvonlisäverolliset (24 %) materiaalikustannukset ovat 9369,60 €.

2.3. Työkustannukset

Puuelementti-vaihtoehdon työkustannukset ovat myös esitettynä rakennettavan kohteen tavoitearviossa. Vielä materiaalityöskentää enemmän, on tässä kohtaa huomioitava, että kyse on arviosta. Oletusarviona voitiin ajatella, että

urakoitsijan kate on sisällytetty työkustannuksiin, sillä elementtitoimittajan on saatava työstään enemmän rahaa, kuin se itse maksaa sen tekemisestä. Tällä katteella elementtitoimittaja maksaa muun muassa kirjanpidolliset kulut, tuotantotilakulut ja työkalukulut. Tätä päätelmää puoltaa sekin, että elementtien tavoitearviosta saaduista materiaalihinnoista ei päässyt syntymään suuria eroja itse laskettuihin paikalla rakentamisen materiaalikustannuksiin verrattuna.

Arvioidut elementtivaihtoehdon työkustannukset on esitetty taulukossa 2. Taulukossa on listattuna tuotteen nimet ja arvonlisäverollinen euromääräinen hinta asunnolle F22. Mikäli jonkin työsuorituksen hinnaksi on merkitty 0 euroa, on sen työnhinta sisällytetty toiseen työsuoritukseen. Työsuoritukset on riveittäin esitetty arvonlisäverottomana.

Taulukko 2. Elementtivaihtoehdon työkustannukset

Rakennusosa	Hinta/ asunto €
13mm kipsilevy	777,4
48x98 runko k600	0,0
Liimapuupilarit	100,0
Kertopuupalkit	110,0
Liimapuupalkit	40,0
13mm märkätilakipsilevy	85,5
48x48 koolaus k600	1351,0
48x48 koolaus k400	256,4
Höyrynsulkumuovi	152,3
48x198 runko + villa	3218,0
tuulensuojalevy	585,1
Lujalevy 9mm	121,6
koolaus 21x50 k450	1112,6
koolaus 25x50 k600	502,2
Rappauskipsilevy 12,5mm	601,5
Ulkoverhouslauta	466,0
Ikkuna- & oviaasennus	279,1
Yhteensä:	9758,7

Elementtivaihtoehdon arvonlisäverolliseksi (24 %) työkustannuksiksi tulee 12100,80€. Tähän summaan sisältyy tehtaalla, kuin myös työmaalla elementtitoimittajan asentamat ikkunat. Osan asennettavista ikkunoista Hausia Oy toimittaa elementtitehtaalle asennettavaksi ja osan elementtitoimittaja asentaa vasta työmaalla. Puurungon 48 x 98 työkustannukset ovat sisällytettynä kipsilevytyksen työkustannuksiin.

2.4. Aikataulu ja henkilöstö

Puuelementtien asennustyöhön valitun asunnon kohdalla on suunniteltu alkavaksi 27.4.2015 ja kestävän tarkasteltavan asunnon F22 kohdalta neljä työpäivää. Puuelementtien asennusaikataulu on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Urakkasopimuksen laatimisen yhteydessä urakoitsijan kanssa sovittiin, että työmaalla työskentelee asennuksia tekemässä kaksi varsinaista asentajaa ja yksi työntekijä elementtikuormia purkamassa.

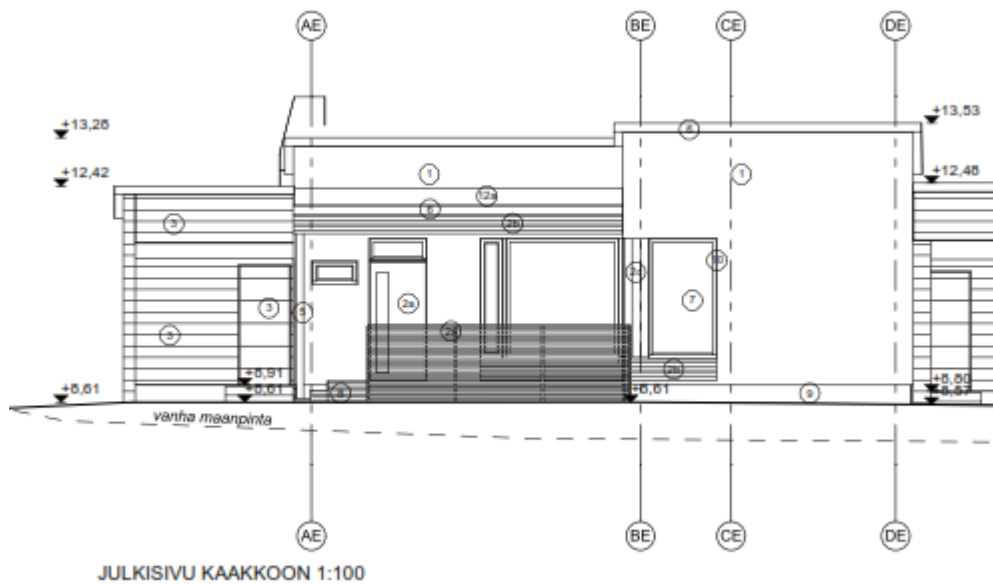
3. PAIKALLA RAKENTAMINEN-VAIHTOEHTO

3.1. Lähtötiedot

Materiaalilaskentaa varten hankittiin As Oy Tapiolan Golfpuiston ja valitun huoneiston F22 arkkitehtikuvat (ARK), sekä rakennekuvat (RAK). Arkkitehtikuvista ja etenkin julkisivukuvista pystyy helpommin hahmottamaan missä kohtaa seinärakenne vaihtuu. Rakennekuvista ja –leikkauksista pystyi helpommin mittaamaan pituus- ja korkeustiedot.

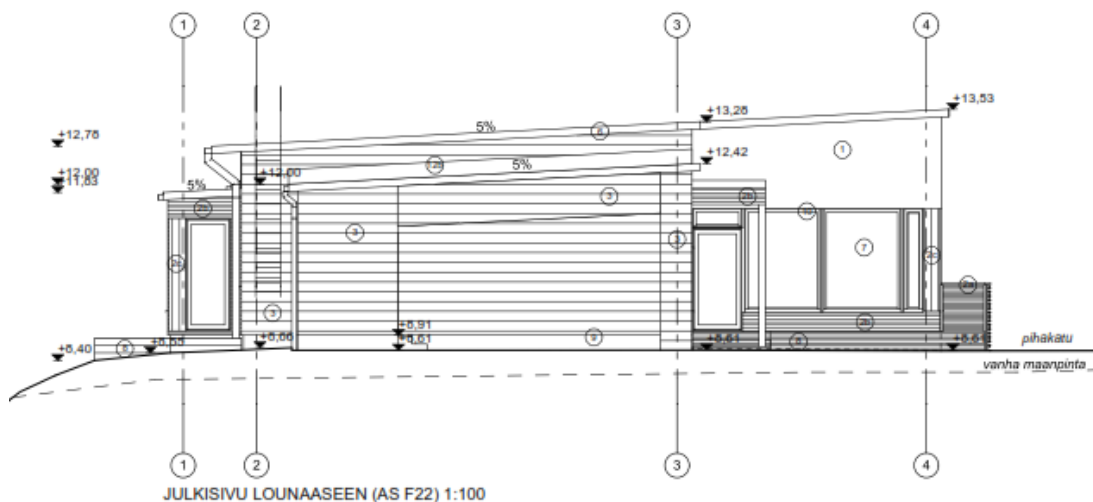
Tarpeellisimmat kuvat olivat tämän työn kannalta ylä- ja ala-pohjaleikkaukset, rakennuksen pohjapiirustukset (ARK ja RAK), julkisivupiirustukset sekä rakennetyypit.

Kuvassa 1 on esitettyinä arkkitehtikuva huoneiston F22 julkisivusta kaakkoon. Kyseisellä puolella sijaitsee asunnon pääsisäänkäynti. Kuvasta on hahmotettavissa rakennuksen vino katto sekä korkomerkinnot.



Kuva 1. Julkisivu kaakkoon: asunto F22

Niin kuin jo johdannossa mainittiin, kohteen talot ovat vinokattoisia pari- tai erillis-taloja, joiden runko on tehty puusta. Kuvassa 2 näkyy valitun asunnon julkisivukuva lounaaseen. Kuvasta käy ilmi ulkoseinärakenteiden muuttuminen rappauksesta puupanelointiin. Kohteen arkkitehtisuunnittelusta vastaa Arkkitehtitoimisto Jukka Turtiainen Oy ja rakennesuunnittelusta vastaa EJT-Rakennusinsinöörit Oy.

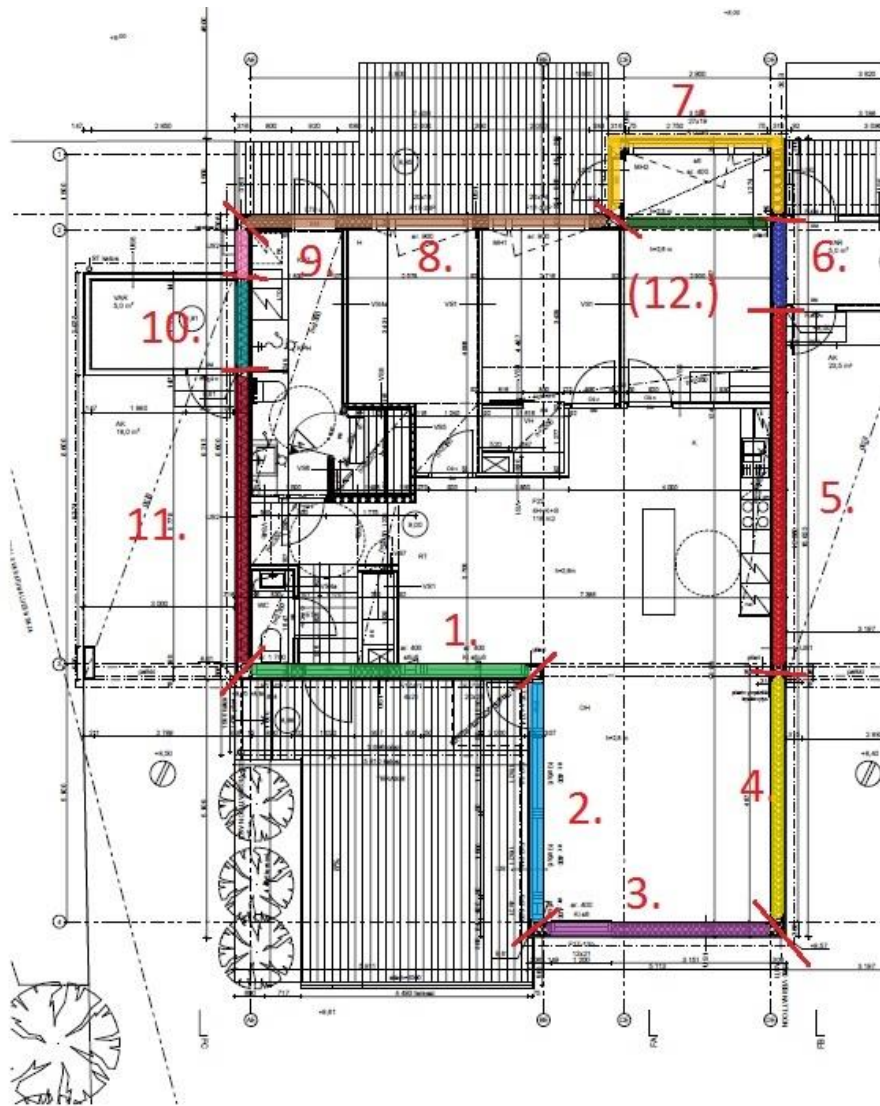


Kuva 2. Julkisivu lounaaseen: asunto F22

Julkisivun pintamateriaaleina rakennuksessa on joko rapattava levy, esimerkiksi Gyprocin Aquaroc (US1) tai ulkoverhouslauta UTS 21x120 valepontilla (US2). Asunnossa käytettäviä seinärakenteita ovat myös US3, US4 ja US8. US3:n rakeenteellinen poikkeavuus alkaa sisäpinnan kipsilevystä ja tämän sisäpuoliset osat mukaan lukien vedeneristeet eivät sisälly laskettavaan urakkaan. US4:n eroavaisuus alkaa kantavan rungon sisäpuolisen koolauksen suunnasta, kun taas US8:n pinnassa on lujalevy. Nämä eroavaisuudet on huomioitu materiaalilaskennoissa. Rakennetyypit on esitetty tarkemmin liitteissä 2-7.

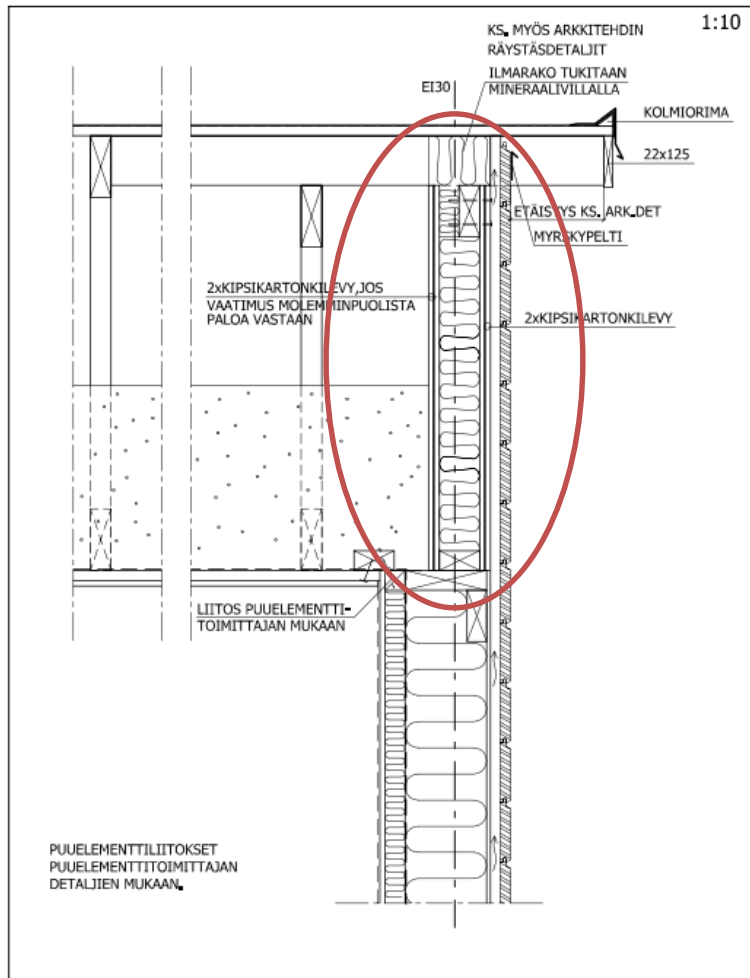
3.2. Laskenta

Jotta neliömäärät saataisiin mahdollisimman tarkasti laskettua, seinät jaettiin 12:een eri sektoriin, jotka siis eroavat toisistaan pintarakenteeltaan, eli rakennetyypiltään ja korkeudeltaan. Sektorijaon numerointi etenee kellon vastaisesti vaihtuen joko kulmissa tai risteävien seinien kohdalla. Hahmottamisen helpottamiseksi sektorit on väritetty eri värein. Niin kuin jo edellä mainittiin, US4:lle ei laskettu omaa sektoria, vaan se on huomioitu laskelmissa muilla tavoin. Sektori numero 12 on kaistalemainen seinäpätkä ulos työntyvän huoneen päällä. Alapuolella olevassa kuvassa numero 2 näytetään, miten sektorijako on tehty.



Kuva 3. Sektorijako pohjakuvassa.

Sektorijaon jälkeen niille laskettiin pituudet ja korkeudet. Pituuksien laskemisessa pohjakuvista ei ollut mitään erityistä hankaluutta, mutta korkeuksien laskeminen osoittautui haasteellisemmaksi, sillä ulkoseinärakenteet itsessään päättyvät korkeudeltaan 2,6–2,9 metriin ja tämän päälle tulee vielä erillinen seinärakenne yläpohjaa vasten. Näistä erillisistä yläosista on esimerkki kuvassa 4.



Kuva 4. Seinien yläpohjaleikkaus

Taulukon 3. korkeudet ja sitä kautta neliöt päättyvät ulkoseinien yläohjauspuuhun. Näiden yläpuolella olevat seinärakenteiden yläosat on esitetty omassa taulukossaan numero 4.

Taulukko 3. Sektorijako ja seinien neliömetrit

Sektori	Tyyppi	Pituus [m]	Korkeus [m]	Neliöt [m²]	Aukkoja [m²]	Summa [m²]
1	US1	5,8	2,654	15,3932	7,875	7,5
2	US1	5,15	2,854	14,6981	9,865	4,8
3	US1	5,1	2,854	14,5554	2,52	12
4	US1	5,2	2,854	14,8408		14,8
5	US1	7,2	2,654	19,1088		19,1
6	US8	1,9	2,654	5,0426		5,04
7	US2	6,5	2,7	17,55	7,2	10,3
8	US1	7,4	2,654	19,6396	7,67	11,9
9	US2	1,7	2,654	4,5118		4,5
10	US8	2	2,654	5,308		5,3
11	US2	6	2,654	15,924		15,9
12	US1	3,5	1	3,5		3,5
						114,9

Taulukko 4. Seinien yläosat

Sektori	Tyyppi	Pituus [m]	Korkeus [m]	Neliöt [m²]
1	US1	5,8	1,3	7,5
2	US1	5,15	1,5	7,7
3	US1	5,1	1,6	8,1
4	US1	5,2	1,5	7,8
5	US1	7,2	1,3	9,4
6	US8	1,9	1,1	2,1
7	US2	6,5	0	0
8	US1	7,4	1,1	8,1
9	US2	1,7	1,1	1,9
10	US8	2	1,2	2,4
11	US2	6	1,3	7,8
12	US1	3,5	0	0
				62,9

Seinäneliömetreihin kuuluu lisänä jäykistävien seinien neliömetrit, joita oli yhteensä 16,3 m².

3.3. Materiaalikustannukset

Kun rakennuksen rungon määrätiedot saatiin selville, rungon materiaalit listattiin erilliseen taulukkoon. Kyseisen taulukon (numero 5.) rakennustuotteiden hintatiedot on joko saatu suoraan materiaalivalmistajalta, Hausia Oy:n tuotehinnastosta, tai materiaalitoimittajilta. Taulukossa on esitetty ensin tuote, tarvittava määrä, joko neliöinä tai metreinä, tuotteen hinta valitulle yksikölle ja lopuksi summa. Tuotteiden hinnat ovat pääsääntöisesti taulukon mukaisesti joko metrille tai neliölle, mutta liimapuu- ja kertopuutuotteiden hinnat ovat kuutiota kohden. Tuotteet on tarkoituksella esitetty ilman tietoa valmistajasta ja tuotenimeä, yrityskohtaisten hintatietojen salaamiseksi. Nämä vuosisopimusten alaiset tiedot on suojattu materiaalitoimittajan ja tilaajan keskenään laatimalla salassapitositoutuksella. Lisää tietoa aiheesta saa esimerkiksi minilex-sivustolta (Minilex 2015.)

Mikäli jonkin rakennusosan määrä on ilmoitettu neliömetreinä, ei se suinkaan tarkoita umpilaudoitusta, vaan tällä kyseisellä rakennusosalla päällystettävän seinän määrää. Näiden osien kustannuslaskentaan on käytetty taulukoituja metrimääriä.

Taulukko 5. Paikalla rakentamisen materiaalikustannukset

Rakennusosa	Materiaalit						
	Määrätiedot			€/yksikkö			Kustannus
	[m²]	[m³]	[m]	[€/m²]	[€/m³]	[€/m]	[€]
Rappauskipsilevy 12,5mm	122,5		0,0	15,1			1850,2
Koolauslauta 22x50 k450	122,5		313,1			0,3	97,1
Tuulensuojalevykipsilevy 9mm	177,8		177,8	2,0			357,1
Puurunko 48x198 k600	177,8		340,8			2,6	887,3
Mineraalivilla 100mm	400,1		0,0	3,1			1220,6
Höyrynsulkumuovi	177,8		177,8	0,7			125,8
Koolaus 48x48 k600	163,0		187,4			0,6	120,8
Mineraalivilla 50mm	163,1		0,0	2,2			357,9
Kipsilevy normaali 13mm	196,0			1,7			340,2
Ulkoeristyslauta UTS 21x120 valepontilla	40,5		422,9			1,0	419,6
Koolauslauta 25x100 k600	55,3		106,3			0,6	67,2
Märkätilakipsilevy 13mm	26,0		0,0	3,3			84,8
Lujalevy 9mm	14,8		0,0	14,6			216,4
Runkopuu 48x98	79,0		151,8			1,3	197,6
Alaohjauspuu 48x198	5,5		132,3			2,6	344,4
Yläohjauspuu 48x198	5,5		264,5			2,6	688,8
Liimapuupilari 165x315	0,052		8,1		892,8		375,9
Liimapuupilari 165x165	0,027		5,4		892,8		131,3
Kertopuupalkki 51x260	0,013		28,8		917,6		350,4
Kertopuupalkki 51x200	0,010		3,0		917,6		28,1
Liimapuupalkki L40 165x585	0,097		5,2		892,8		448,1
						Summa:	8709,6

Taulukon 5. mukaisesti materiaalikustannuksiksi tulee yhteenlaskettuna 8709,60 €. Puutavaroille on laskettu mukaan 15 %:n hukka. Käytettäessä lujuusluokitellun puun vakiopituutta 5 400 mm, runkopuunpituudella 2 550 mm hukkaprosentiksi muodostuu 5,6 %. Tähän on kuitenkin vielä lisätty ovien ja ikkunoiden aukotuksista aiheutuva hukkamäärä, sekä ikkunoiden ja ovien vaativat palkit ja pilarit. Työvirheistä aiheutuu myös aina pientä hukkaa, joten tässä työssä käytetty 15 % on perusteltu puutavaran kokonaishukkaprosentti.

Materiaalikustannuksiin lisätään vielä kiinnikekustannukset, jotka ovat Woodfocuksen avoimen puurakennusjärjestelmän kustannustietoja mukaillen 5€/m² (Woodfocus 2010). Normaalkorkuisten 2,6 – 2,8 metriä korkeat seinät, sekä seinäneliömetrien yläpuoliset osat taulukosta 4 mukaan lukien yhteenlaskettu

seinäneliösumma on 177,8 m², eli kiinnikkeiden kustannuksiksi tulee 889 € valittua asuntoa kohti.

Yhteenlasketuiksi materiaalikustannuksiksi saadaan 8709,6 € + 889€=9598,6 €. Hintaa rungon materiaaleille huoneiston neliömetrejä kohti saatiin laskennallisesti $9598,6 \text{ €} / 116 \text{ m}^2 = 82,746 \approx 83 \text{ €/m}^2$.

3.4. Työkustannukset

Työlle tulevat kustannukset on laskettu rakennusalan työehtosopimuksen mukaisesti (Rakennusliitto 2014). Työehtosopimuksen liitteenä olevassa urakkahinnoittelussa on annettu neliöhinta työsuoritteille ja materiaalilaskelmissa saadut neliöt ovatkin kerrottu näillä hinnoilla kustannuksien laskemiseksi. Taulukossa 6. on esitetty rakentamiseen käytettävät tuotteet ja niihin kohdistuvien työsuoritusten hinta joko neliölle, metrille tai kappaleelle. Viimeisenä on esitetty työlle tulevat rakennusosakustannukset

Liimapuu- ja kertopuutuotteiden työkustannukset saatiin käyttämällä Rakennusliiton työehtosopimuksen liitteenä olevaa urakkahinnoittelua, missä kattopalkin asennus on hinnoiteltu 8,4 €/kpl. Esimerkiksi liimapuupalkki 165x585 asentaminen maksaisi siis $8,4 \text{ €} \times 1 \text{ kpl} \times 1,24(\text{ALV}) = 10,4 \text{ €}$.

Kaikissa hinnoissa on arvonlisävero (24 %) mukana.

Taulukko 6. Työkustannukset.

Työsuorite	Materiaalit		Työ	
	Määrätiedot		Kustannukset	Kustannukset yhteensä
	[m ²]	[m]	[m ²]	[€]
Rappauskipsilevy 12,5mm	122,5	0,0	3,4	414,7
Koolauslauta 22x50 k450	122,5	313,1	1,6	191,4
Tuulensuojalevykipsilevy 9mm	177,8	177,8	2,9	509,3
Puurunko 48x198 k600	177,8	340,8	6,8	1203,7
Mineraalivilla 100mm	400,1	0,0	1,3	525,9
Höyrynsulkumuovi	177,8	177,8	0,5	90,4
Koolaus 48x48 k600	163,0	187,4	12,3	381,9
Mineraalivilla 50mm	163,1	0,0	1,3	214,3
Kipsilevy normaali 13mm	196,0		3,1	612,3
Ulkoverhouslauta UTS 21x120 valepontilla	40,5	422,9	7,8	316,0
Koolauslauta 25x100 k600	55,3	106,3	1,6	86,4
Märkätilakipsilevy 13mm	26,0	0,0	3,1	81,3
Lujalevy 9mm	14,8	0,0	3,4	50,2
Runkopuu 48x98	79,2	151,8	6,8	536,2
Alaohjauspuu 48x198	0	132,3	6,8	177,3
Yläohjauspuu 48x198	0	264,5	6,8	354,6
Liimapuupilari 165x315	0,052	8,1	10,4	25,2
Liimapuupilari 165x165	0,027	5,4	10,4	20,8
Kertopuupalkki 51x260	0,013	28,8	10,4	42,0
Kertopuupalkki 51x200	0,010	3,0	10,4	16,8
Liimapuupalkki L40 165x585	0,097	5,2	10,4	10,4
			Yhteensä:	5861,2

Paikalla rakentamisen työkustan nuksiin kuuluu lisänä ikkunoiden asentaminen, sillä ne kuuluvat myös elementtikauppaan. Taulukossa 7. on esitettynä huoneiston F22 ikkunat, koko, työmenekki (TTH) sekä asennushinta.

Taulukko 7. Ikkunoiden asennuskustannukset

Littera	Koko	tth/kpl	Asennuskustannukset €/ kpl
F17-09	8X4	0,63	15,99
F17-01	4X21	0,88	21,93
F17-32	20X21	0,88	21,93
F17-23	15X21	0,88	21,93
F17-24b	16X21	0,88	21,93
F17-02P	4X21	0,88	21,93
F17-13b	12X21	0,88	21,93
F17-45	27X19	0,88	21,93
F17-33P	20X14	0,88	21,93
F17-33P	20X14	0,88	21,93
	Summat:	8,55	213,41

Rungolle tulee yhteenlaskettuja työkustannuksia $5861,2 + 213,41 = 6074,60$ €. Nämä yhteenlasketut työkustannukset kerrotaan yritykseltä saadulla kertomella 1,72 jolla huomioidaan henkilöstön sosiaali-, työvaatetus- jne. kulut. Yhteenlasketuiksi työkustannuksiksi saadaan: $6074,60 * 1,72 = 10448,30$ €.

3.5. Aikataulu

Työkustannusten laskemisen ohessa saatiin myös selville työsuoritteiden kesto, muodossa tth/m². Eli työsuorituksen vaatima tuntimäärä kohden rakennettava neliömetri. Seuraavassa taulukossa 8. on esitetty ensin käytettävät tuotteet, tämän jälkeen työmenekki(tth)-kerroin ja niiden työmäärä tuotetta kohti.

Taulukko 8. Rungon työmenekit ja -määrät

Työsuorite	Materiaalit		Aika	
	Määrä		tth/yks.	Yhteensä/tth
	[m²]	[m]	[m²]	[tth]
Rappauskipsilevy 12,5mm	122,5	0,0	0,1	15,9
Koolauslauta 22x50 k450	122,5	313,1	0,1	7,4
Tuulensuojalevykipsilevy 9mm	177,8	177,8	0,1	19,6
Puurunko 48x198 k600	177,8	340,8	0,3	48,0
Mineraalivilla 100mm	400,1	0,0	0,1	20,0
Höyrynsulkumuovi	177,8	177,8	0,0	3,6
Koolaus 48x48 k600	163,0	187,4	0,1	14,7
Mineraalivilla 50mm	163,1	0,0	0,1	8,1
Kipsilevy normaali 13mm	196,0		0,1	23,5
Ulkoverhouslauta UTS 21x120 valepontilla	40,5	422,9	0,3	12,5
Koolauslauta 25x100 k600	55,3	106,3	0,1	3,3
Märkätilakipsilevy 13mm	26,0	0,0	0,1	3,1
Lujalevy 9mm	14,8	0,0	0,1	1,9
Runkopuu 48x98	79,2	151,8	0,3	21,4
Alaohjauspuu 48x198	5,5	132,3	0,3	7,1
Yläohjauspuu 48x198	5,5	264,5	0,3	14,1
Liimapuupilari 165x315	0,1	8,1	0,4	1,2
Liimapuupilari 165x165	0,0	5,4	0,4	0,8
Kertopuupalkki 51x260	0,0	28,8	0,4	2,0
Kertopuupalkki 51x200	0,0	3,0	0,4	0,8
Liimapuupalkki L40 165x585	0,1	5,2	0,4	0,4
			Summa:	229,6

Taulukosta 8 on havaittavissa, että rungon töistä tulee työtunteja pyöristettynä yhteensä 230. Selkeästi isotöisimmät työsuoritteet ovat puurunkotyöt, kipsilevytykset sekä eristystyöt.

Tähän tulee vielä lisänä ikkuna-asennuksen (taulukko 5.) työtunteja 8,55. Eli yhteenlasketuksi tuntimääräksi huoneiston F22 puurungolle tulee 238.

Liitteessä numero 4 on Planet-ohjelmistolla tehty aikataulu taulukon 8. mukaisilla työmenekki (TTH)-tunneilla. Tehtävät työsuoritteet on jaettu osa-alueisiin:

1. Puurunkoasennus, joka pitää sisällään puurunkokoolaukset sekä liima- ja kertopuuasennuksen. Työ on ajateltu toteutettavaksi kolmella (3) työntekijällä

2. Rungon villa-asennukset eli kaikki puurungon mineraalivillat ja höyrynsulkuomaukset. Jäykistävät seinät kuuluvat myös tähän työsuoritukseen. Toteutetaan yhdellä (1) työntekijällä
3. Julkisivutyöt eli ulkopuoliset levytykset, koolaukset ja paneloinnit. Toteutetaan kahdella (2) työntekijällä.
4. Sisäpuolen levytykset tehdään yhdellä (1) työntekijällä.
5. Ikkuna-asennukset yhdellä (1) työntekijällä.

Tehdyn aikataulun perusteella paikalla rakentamisen alkaessa samalla päivämäärällä vertailtavan elementtiasennuksen kanssa, eli 27.4. työ saadaan valmiiksi 6.5. Näin ollen töihin menisi näillä työntekijämäärillä seitsemän työpäivää.

Suunniteltuun työntekijämäärään vaikuttavat aikataululliset tekijät. Mikäli kyse olisi pienemmän kokoluokan kohteesta, yhden talon runkotöille pystyisi varaan enemmän aikaa, sillä työ ja sitä kautta koko rakennettava kohde tulisi yhden rungon valmistuttua lopullisesti valmiiksi. Ei ole ollenkaan tavatonta, että vastaavan kokoluokan omakotitalon puurunkoa tehdään useampi kuukausi. Koska kohteen laajuus on 12 asuntoa, työhön käytettävää aikaa ei ole varaa entisestään kasvattaa, sillä puurungon ulkopuoliset urakat painavat aikataulullisesti päälle ja työ on saatava kohtuullisessa ajassa valmiiksi.

4. VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

4.1. Kustannukset

Suoraa kustannusvertailua hankaloitti tavoitearviossa esitettyjen osasuoritteiden, esimerkiksi jäykistävien seinien töiden niputtaminen yhteen levytyksen ja rungon osalta. Nämä tehtävät oli yhteen nidottu, jotta tavoitearvio olisi mahdollisimman kompakti eikä ole myöskään tavatonta esittää kustannuslaskennassa runkoa ja levytyksiä yhtenä kokonaisuutena. Paikalla rakentamista varten tekemässäni laskelmissa ne ovat erikseen, koska se helpotti tarkkaa materiaalilaskentaa. Joitakin rakenteellisia osia puuttuu elementtivaihtoehdon tavoitearviosta: esimerkiksi 50 millimetrin vahvuista eristekerrosta ei ole huomioitu elementtivaihtoehdon tavoitearviossa. Kustannuksellisesti on kyse muuttaman prosentin virheestä ja paremman tiedon puutteesta esitetyt lukuarvot on

hyväksyttävä. Tätä työtä varten oli käytössä kaikki Hausia Oy:n laskelmat ja tarkempia, täydellisempiä laskelmia ei vain ole olemassa.

Muutamit rakenneosat myös eroavat ulkoasultaan toisistaan. Esimerkiksi julkisivupaneloinnin profiili on vieläkin tätä työtä huhtikuussa kirjoittaessa varmentamatta, ja siitä syystä sen tarkat profiilitiedot elementti- ja paikalla rakentamis- vaihtoehtoissa eroavat toisistaan. Taulukko 9 on laadittu helpottamaan suoraa kustannusvertailua vaihtoehtojen välillä. Tietty osat, esimerkiksi koolaukset ovat niputettuna yhteen. Paikalla rakentamisen materiaalihintojen summaan on lisätty kiinnikekustannukset 889 €, sekä sen viimeiseen yhteenlaskettuun summaan on lisätty työn osuudelle kerroin 1,72.

Elementtivaihtoehdon joidenkin rakennusosien työkustannukset ovat tunte mattomasta syystä huomattavasti korkeammat kuin paikalla rakentamisen vaihtoehdossa. Näitä ovat muun muassa 48x48 koolaukset. Luvut on tarkas tettu useampaan otteeseen, eli näppäilyvirheestä ei ole kyse. Todennäköisin syy suureen kustannuseroon on se, että tavoitearvion tekijä on sijoittanut las kelmissaan ylijäävät, kokonaisurakkasummasta eroavat kulut näille rakennus osille. Tämä tietenkin hieman vaikuttaa kustannusarvion luotettavuuteen, mutta ei kuitenkaan ratkaisevasti.

Taulukko 9. Kustannusvertailutaulukko

Rakennusosa	Elementti		Paikalla rakentaminen	
	Materiaali-hinta /asunto	Työ-hinta/asunto	Materiaalihinta /asunto	Työhinta/asunto
13mm kipsilevy	390,5	964,0	340,2	612,3
48x98 runko k600	79,4	0,0	197,6	536,2
Liimapuupilarit	682,9	124,0	507,2	57,0
Kertopuupalkit	347,7	136,4	378,5	72,9
Liimapuupalkki 165x585	531,8	49,6	448,1	10,4
13mm märkätilakipsilevy	112,8	106,0	84,8	81,2
48x48 koolaukset	183,3	1993,2	120,8	381,9
Höyrynsulkumuovi	220,7	188,9	125,8	90,4
48x198 runko + villa	3598,0	3990,3	3141,1	2236,5
tuulensuojalevy	694,2	725,5	357,1	509,3
Lujalevy 9mm	201,9	150,8	216,4	50,2
Julkisivukoolaukset	126,6	2002,4	164,3	277,9
Rappauskipsilevy 12,5mm	1773,0	745,9	1850,2	414,7
Ulkoverhouslauta	426,9	577,8	419,6	316,1
Ikkuna- & oviasennus	0,0	346,1	0,0	213,4
Mineraalivilla 50mm	0,0	0,0	357,9	214,3
Yhteensä:	9369,6	12100,8	9598,6	6074,6
Yhteenlaskettu summa urakoille lisäyksineen:		21470,4		20047,0

Tässä työssä saadut kustannukselliset tulokset ovat näistä hienoisista epä-tarkkuuksista huolimatta tarkat. Tarkempaa tietoa elementtivalmistajan omista todellisista kuluista ei tässä työssä käytetty. Ideaalitalanteessa tätä työtä varten olisi saatu elementtitoimittajan laatimat omat laskelmat, mutta jo aikaisemmin tässä työssä mainituista syistä niitä ei saatu.

Elementtivaihtoehdon arvonlisäverollisiksi kustannuksiksi tulivat:

- Materiaalikustannukset 9369,60 €
- Työkustannukset 12100,80 €

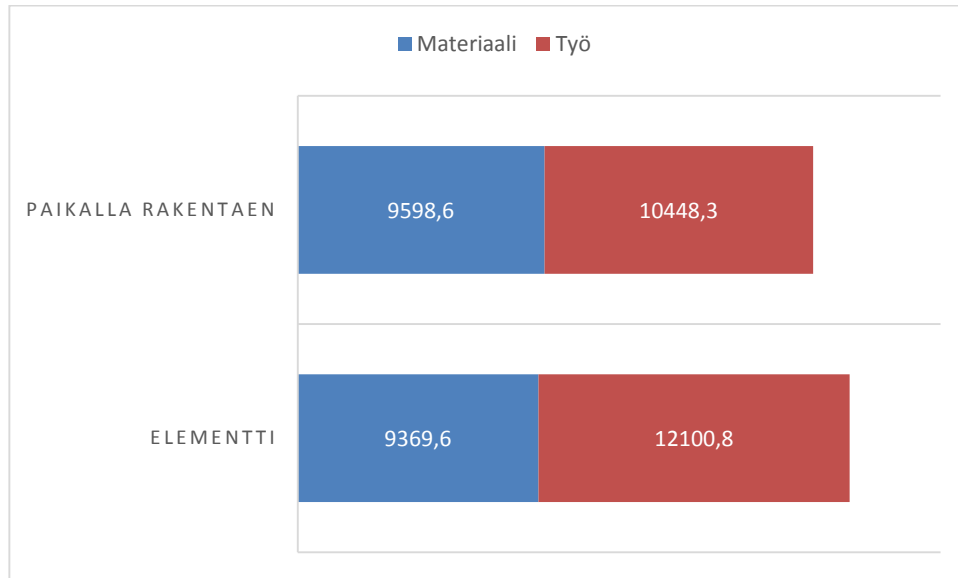
Yhteenlasketut kustannukset elementtivaihtoehdolle olivat siis 21470,40 euroa. Valitun kustannuksien esitystavan mukaisesti kustannukset elementtivaihtoehdolle ovat $21470,40 \text{ €} / 116 \text{ m}^2 = 185 \text{ €/m}^2$. Yksikkönä on euroa yhtä lattianeliötä kohti.

Elementtivaihtoehdossa on huomioitava, että urakkasummaan sisältyy elementtitoimittajan määrittelemä kate. Tässä tapauksessa kate on mitä luultavimmin työkustannuksiin sisällytettynä, sillä materiaalikustannuksilla ei katteen vaatimaa hintaeroa Hausia Oy:n tekemän tavoitearvion mukaan synny.

Paikalla rakentamisen-vaihtoehdossa yhteenlasketuiksi kustannuksiksi muodostui:

- Materiaaleista: 9598,60 €
- Työkustannuksista: 10448,30 €

Tämän vaihtoehdon yhteenlasketut materiaalikustannukset ovat siis 20046,90 euroa. Tämä tekee asuntoneliömetriä kohden $17163,70 \text{ €} / 116 \text{ m}^2 = 172,80 \text{ €/m}^2$



Kuva 5. Kustannusten vertailu

Euromääräisesti säästöä rakennuksen F22 tekemisestä paikalla rakentaen tulisi: $21470,50 \text{ €} - 20046,90 \text{ €} = 1423,60 \text{ €}$ Säästöä huononeliötä kohden tulisi siis $12,20 \text{ €/m}^2$. Koko kohteen laajuudessa säästöä tulisi siis 1266 asuinneliöllä $15432,50 \text{ €}$. Eli puhtaasti kustannuksellisesti ajateltuna rakennettavan kohteen runko kannattaisi toteuttaa paikalla rakentaen. Prosentuaalista säästöä näillä vertailuarvoilla tulisi 6,7 prosenttia. Tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan siis päätellä paikallarakentamisen olevan taloudellisesti elementtirakentamista kannattavampi vaihtoehto.

Vertailusta jäi huomioimatta käyttö- yhteiskustannukset, sillä niiden huomioiminen olisi tarkoittanut työn kannalta huomattavasti laajempaa tarkastelua ja ottaen huomioon työn jo suuren laajuuden, sitä ei päädytty tekemään. Mikäli kyseiset kustannukset olisi huomioitu, paikalla rakentamisen kustannukset olisivat nousseet jonkin verran, mutta vastavuoroisesti käytetty kerroin 1,72 ei olisi tarvinnut olla niin suuri, sillä niihin sisältyy osittain samoja kuluja. Kuten seuraavassa kappaleessa analysoidaan tarkemmin, paikalla rakentamisen vaihtoehdossa rakentamisaika on huomattavasti pidempi, joten 8/9-litteran huomioiminen vaikuttaisi kustannuksia korottavasti.

4.2. Aikataulutarkastelu

Kuten liitteinä 1 ja 8 olevista aikatauluista havaittiin, elementtivaihtoehdon aikataulussa oli varattuna asunnolle F22 neljä työpäivää. Tähän suoritukseen päästään kahdella elementtiasentajalla, sekä yhdellä työntekijä elementtikuormaa purkamassa. Sitä vastoin paikalla rakentaessa, puurungon asennus/rakentaminen kestäisi aikataulun mukaisesti seitsemän työpäivää. Tähän työneopeuteen päästiin seitsemällä työntekijällä.

Aikatauluja suoraan verratessa elementtivaihtoehdon työmaahan kohdistuva työ on kolme päivää nopeampaa. Elementtivaihtoehdo on melkein kaksi kertaa nopeampi.

5. YHTEENVETO

Tehtäessä vertailua puuelementtien ja paikalla rakentamisen välillä, tarkastelussa oli käytännöllisesti katsoen kaksi asiaa: työn kustannukset ja aikataululliset tekijät. Työssä tarkasteltiin vaihtoehtoja juuri näiltä kahdelta näkökohdalta.

Taloudellisesti katsoen kohteeseen olisi pitänyt valita paikalla rakentamismvaihtoehto, sillä se oli 12,2 € halvempi asuinneliötä kohden. Säästöä kustannuksissa tulisi siis 6,7 %. Suoritetuista kahdesta vertailusta kustannukset ovat myös tarkemmat. Hausia Oy:n saamat alennukset materiaaleista ovat mitä luultavimmin hyvin lähelle samat, kuin elementtitoimittajan saamat hinnat.

Puuelementtiurakan kokonaiskustannukset jyvitettiin samoilla itse lasketuilla neliömetrimäärillä, mitä käytettiin myös paikalla rakentamisen vaihtoehtoa laskettaessa. Erot syntyivätkin rakennusosien materiaalihintojen ja työkustannusten eroilla. Suurin kustannusero syntyi työkustannusten eroista, missä näkyi urakoitsijan työlleen laittama kate. Vastaavanlaistahan ei omana työnä tehtävässä paikalla rakentamisen vaihtoehdossa itsessään ole. Mikäli työ toteutettaisiin omana työnä, työnantaja saavuttaisi taloudellisen hyödyn nimenomaan säästöstä verrattuna siihen, että työn suorittaisi ulkopuolinen urakoitsija.

Tarkastelluista vaihtoehdoista aikataululliset tekijät olivat epätarkimmat. Tuloksesta huomattiin, että mikäli asunnon runko tehdään paikalla rakentaen, ele-

menttien sijaan on työn eteneminen noin puolet hitaampaa, koska jokainen rakennusosa pitäisi työstää työmaalla erikseen. Mikäli runko päädyttäisiin tekemään paikalla rakentaen, työ on vain yksinkertaisesti hitaampaa, kuin jos elementit tullaan vain asentamaan paikan päälle. Tämä johtuu siitä, että elementtien suurin työsuoritus, eli niiden valmistaminen jää tämän opinnäytetyön elementtiasennusaikataulussa huomioimatta.

Luonnollisesti kumpaakin vaihtoehtoa voi entisestään nopeuttaa kasvattamalla puurungon parissa työskentelevää työkuntaa, mutta perusperiaatteena pysyy sama: Elementtien työmaa-asennus on aina nopeampi vaihtoehto, kuin se että puurunko rakennettaisiin työmaalla. Mikäli aikataulutarkastelua olisi tehty koko työmaan laajuudessa, ei paikalla rakentaminen olisi tosiasiasa kestänyt 12 x 7pv eli 84 työpäivää, vaan työntekijät olisivat siirtyneet oman osakohteenensa valmistuttua seuraavaan taloon, eivätkä suinkaan jääneet odottelemaan rungon valmistumista muiden töiden osalta. Paikalla rakentamisen pidempi rakentamisaika vaikuttaisi myös kustannuksiin: Hausia Oy:n hankkima rahoitus ja niiden kulut kohteessa tulisi luonnollisesti kalliimmaksi, mitä kauemmin rakentaminen kestäisi.

Aikataululliseen, kuten myös kustannukselliseen tarkasteluun vaikuttaisi myös osaltaan sää. Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli se, ettei paikalla rakentamisen vaihtoehdolle tarvita erillistä rakennuksen rungon peittävää sääsuojaa. Kyseinen suojaus maksaisi arviolta reilut 1000 euroa asunnon F22 osalta. Elementtivaihtoehdossa elementit ovat suojatut sadetta vastaan.

Mikäli paikalla rakentamista lähdetäisiin tekemään ilman sääsuojasta ja sade pääsisi yllättämään, vaikutukset näkyisivät välittömästi kustannus-, laatu- ja myös aikataulupuoella. Säävarauksen vertailua ei ole tässä työssä vertailtu, jotta vertailu olisi mahdollisimman tarkka ja suoraan verrannollinen.

Kuten jo paikalla rakentamisen vaihtoehdossa mainittiin, työmaan sosiaalikkustannukset on huomioitu työ kustannuksiin kohdistuvalla kertoimella. Luonnollisesti työmaan käyttökustannukset kasvaisivat pidemmän varsinaisen rakennusajan vaativassa paikalla rakentamisen-vaihtoehdossa, mutta Hausia Oy:ltä saatu kerroin 72 % varattuna työ kustannuksiin on riittävä vara tämän tarkkuusluokan työssä. Nämä kustannukset ovat puuelementtien hankintahin-

nassa mukana, mutta muut kustannukset, kuten esimerkiksi urakoitsijan itselleen määrittämä kate, kasvattavat vaihtoehdon silti kalliimmaksi, kuin paikalla rakentamisen.

Yhteenvetona voi sanoa, että kustannuksellisesti katseltuna As Oy Tapiolan Golfpuiston puurunko olisi kannattanut toteuttaa paikalla rakentaen. Kuitenkin paikalla rakennettuna rakennuksen rungon tekemiseen vaadittu aika olisi melkein kaksinkertaistunut. Niinpä aikataululliset tekijät mukaan luettuna vaakakuppi valittavaan runkoratkaisuun kääntyy elementtien hyväksi. Elementtivaihtoehto on myös helpompi toteuttaa työmaateknisesti, eikä asennettaessa valitsevaa säätä tarvitse samoissa määrin huomioida kuin paikalla rakentamisessa.

Tätä työtä tehdessä heräsi mielenkiinto selvittää, paljonko olisi tullut kustantamaan kohteen runko, mikäli se olisi toteutettu betonista tai esimerkiksi CLT-levyistä. Kumpaakin vaihtoehtoa jo hieman tässä työssä jo avasinkin, mutta tarkkojen kustannuksellisten vertailujen tulokset olisi mielenkiintoista nähdä.

Vaihtoehtoisen toteutustavan elementeille olisi tarjonnut myös precut-järjestelmä, jossa rungon puuosat olisivat tulleet työmaalle valmiiksi sahattuina, mikä olisi nostanut materiaalikustannuksia, mutta vastavuoroisesti nopeuttanut rungon rakentamista. Tätä vaihtoehtoa opinnäytetyön tekijä koitti selvittää, mutta hyvinkin vastahakoinen rakennusteollisuuden suhtautuminen ja silkkä viesteihin vastaamattomuus esti tämän vaihtoehdon tarkemman tarkastelun.

6. TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1: Elementtivaihtoehdon materiaalikustannukset asunnolle F22

Taulukko 2: Elementtivaihtoehdon työkustannukset

Taulukko 3: Sektorijako ja seinien neliömetrit

Taulukko 4: Seinien yläosat

Taulukko 5: Paikalla rakentamisen materiaalikustannukset

Taulukko 6: Työkustannukset

Taulukko 7: Ikkunoiden asennuskustannukset

Taulukko 8: Rungon työmenekit ja -määrät

Taulukko 9: Kustannusvertailu-tili

LÄHTEET

Metsäteollisuus. 2010. Puurakentaminen on ratkaisu. Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/mediabank/477.pdf> [Viitattu 25.3.2015].

Puuinfo. 2015. Yleisimmät rakennejärjestelmät. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t> [Viitattu 25.3.2015]

Stora Enso. 2015. CLT:n Edut. Saatavissa: <http://www.clt.info/fi/produkt/clt-das-massivholz/vorteile/> [Viitattu 27.4.2015].

Minilex. 2015. Sopimukset. Saatavissa: <http://www.minilex.fi/a/salassapitovelvollisuus-yrityssalaisuuksien-suojana> [Viitattu 27.4.2015].

Olenius, A. 2005. Woodfocus Oy 2005. Avoin puurakennusjärjestelmä – Puurakenteiden kustannustiedot

Rakennusliitto. 2014. Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnoitteluineen. Saatavissa: <http://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2014/11/rakennusalan-tes2014.pdf> [Viitattu 26.3.2015].

Hausa Oy

AsOy Tapiolan Golfpuisto

Yleisaikataulu-puurunkoasennus

2019

Hunrikku					Toukokuu					Kesäkuu					Heinäkuu		
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28						

1	+1	Purkutyöt	25 pv	15.12.14
2	+2	Stabiilointi	23 pv	26.01.15
3	+3	Maanrakennus	150 pv	12.01.15
4	+4	VSS, kellarit	54 pv	23.02.15
5	+5	Perustukset, alapohjat	47 pv	25.03.15
6	-6	Rungot	52 pv	27.04.15
7	-6.1	Puuelementtiasennus	48 pv	27.04.15
8	-6.1.1	As. F20-22	12 pv	27.04.15
9	6.1.1	F22	4 pv	27.04.15
10	6.1.1	F21	4 pv	04.05.15
11	6.1.1	F20	4 pv	06.05.15
12	-6.1.2	As. F17-19	12 pv	15.05.15
13	6.1.2	F19	4 pv	15.05.15
14	6.1.2	F18	4 pv	21.05.15
15	6.1.2	F17	4 pv	27.05.15
16	-6.1.3	As. D11-12	8 pv	02.06.15
17	6.1.3	D11	4 pv	02.06.15
18	6.1.3	D12	4 pv	08.06.15
19	-6.1.4	As. E13-16	16 pv	12.06.15
20	6.1.4	E16	4 pv	12.06.15
21	6.1.4	E15	4 pv	16.06.15
22	6.1.4	E14	4 pv	25.06.15
23	6.1.4	E13	4 pv	01.07.15
24	+6.2	Vesikatot	48 pv	04.05.15
25	+7	Sisävalmistus	148 pv	11.05.15
26	8	Luovutus	10 pv	07.12.15
27	+9	Julkisivut	64 pv	08.06.15
28	+10	Piharakenteet	50 pv	17.08.15

Sunnuntai

Torstai

Torstai

Lauan

Kok. pöytä

Häätä

Laskin

Päiväty - 12.02.15

Oma

Laadittu:

Sarjasta: 12.02.15


Tahti:

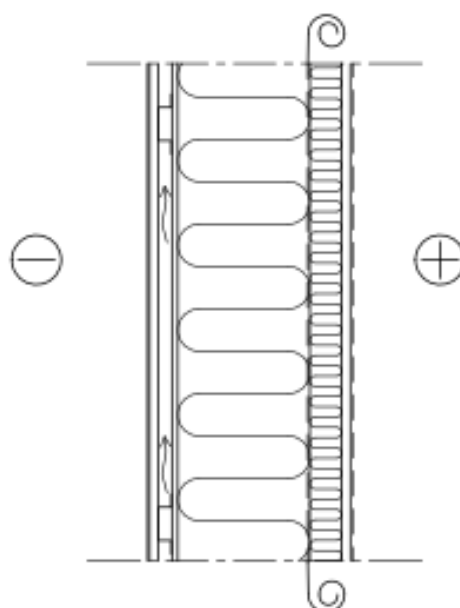
Toukokuu:

Jouluku:

Kok. pöytä:

Hetki:

 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuolijatie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTY RAK-811&812-601	US1
	PÄIVÄYS REV C	
RAKENNETYYPI	SISÄLTÖ	
	KANTAVA RAPPAUSPINTAINEN ULKOSEINÄ YLEENSÄ	



n.5 mm	RAPPAUS - ARK. suunnitelmien mukaan
12,5 mm	RAPPAUSLEVY - esim. Gyproc Aquaroc -sementtilevy
21 mm	ILMARAKO/KOOLAUS k450 - esim. tuulettuva ruode HTL 21 - mahdolliset levyliitosten ja ylä-/alareunan lisä- tuennat levyn asennusohjeen mukaan
9 mm	TUULENSUOJALEVY - kipsikartonkilevy, esim. Gyproc GTS 9
198 mm	KANTAVA PUURUNKO k600 - mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK HÖYRYNSULKUMUOVI - tarkoitukseen sopiva muovi, paksuus $> 0,2$ mm
48 mm	KOOLAUS 48x48 k600 - mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
13 mm	KIPSIKARTONKILEVY - pintakäsittely ARK huoneselostuksen mukaan

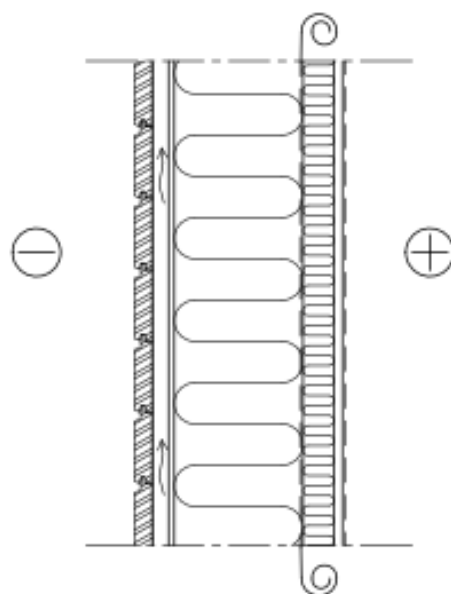
U-arvo: 0.17 W/m²K

paloluokka REI30



myös molemminpuolista paloa vastaan, huomioitava räystäällä

 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuorttie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTY RAK-811&812-601	US2
	PÄIVÄYS 26.05.2014	
RAKENNETYYYPIT	SISÄLTÖ KANTAVA VAAKAPANELOITU ULKOSEINÄ YLEENSÄ	



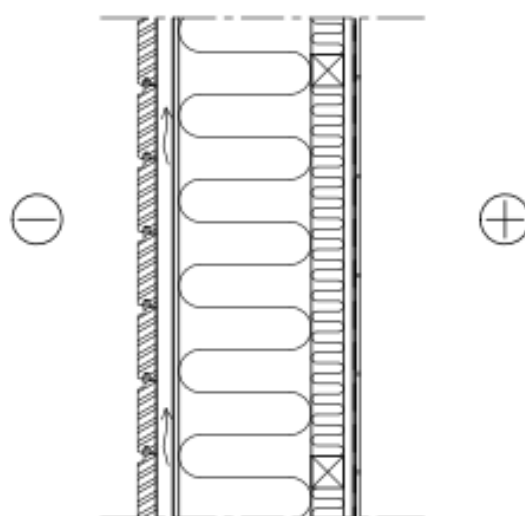
≥23 mm	ULKOVERHOUSLAUTA – ARK. suunnitelmien mukaan
25 mm	KOOLAUS k600
9 mm	TUULENSUOJALEVY – kipsikarttonkilevy, esim. Gyproc GTS 9
198 mm	KANTAVA PUURUNKO k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
	HÖYRYNSULKUMUOVI – tarkoitukseen sopiva muovi, paksuus $\geq 0,2$ mm
48 mm	KOOLAUS 48x48 k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
13 mm	KIPSIKARTONKILEVY – pintakäsittely ARK huoneselostuksen mukaan

U-arvo: 0.17 W/m²K

paloluokka REI30

myös molemmipuolista paloa vastaan, huomioitava räystäällä

 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuolijantie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTY RAK-811 & 812-601	US3
	PÄIVÄYS 15.05.2014	
RAKENNETYYPI	SISÄLTÖ KANTAVA ULKOSEINÄ MÄRKÄTILAN KOHDALLA	

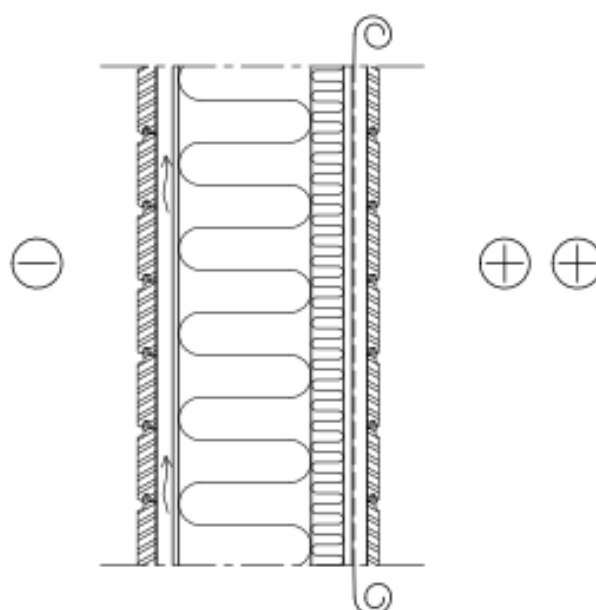


≥23 mm	ULKOVERHOUSLAUTA – ARK. suunnitelmien mukaan
25 mm	KOOLAUS
9 mm	TUULENSUOJALEVY – kipsikartonkilevy, esim. Gyproc GTS 9
198 mm	KANTAVA PUURUNKO k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
48 mm	VAAKAKOOLAUS 48x48 k400 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
13 mm	MÄRKÄTILAN KIPSILEVY / MÄRKÄTILALEVY VEDENERISTE – siveltyvä vedeneriste LAATOITUS

U-arvo: 0.17 W/m²K


HUOM! VEDENERISTYKSESSÄ TULEE KÄYTTÄÄ VTT:N SERTIFIKAATIN JA LAADUNVALVONTASOPIMUKSEN MUKAISTA VALMISTAJAN KOKONAISJÄRJESTELMÄÄ JA VARMISTAA, ETTÄ KAIKKI KIINNITYS-, SAUMALAASTI JA TARVIKKEET OVAT YHTEENSOPIVIA VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄN KANSSA.

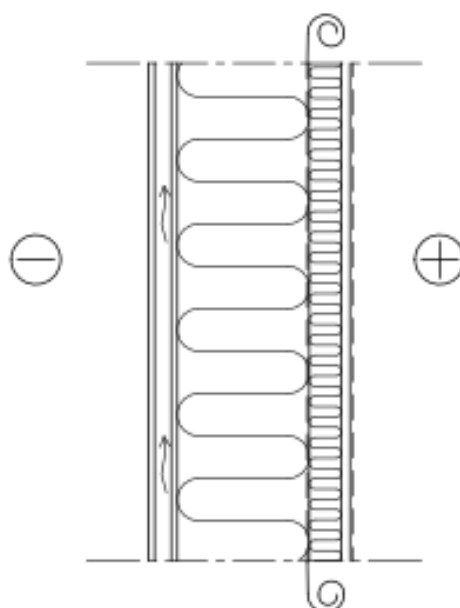
 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuorttie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTY RAK-811 & 812-601	US4
	PÄIVÄYS 15.05.2014	
RAKENNETYYYPIT	SISÄLTÖ KANTAVA ULKOSEINÄ LÖYLYHUONEEN KOHDALLA	



≥23 mm	ULKOVERHOUSLAUTA – ARK. suunnitelmien mukaan
25 mm	KOOLAUS
9 mm	TUULENSUOJALEVY – kipsikartonkilevy, esim. Gyproc GTS 9
198 mm	KANTAVA PUURUNKO k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
48 mm	KOOLAUS 48x48 k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037$ W/mK
13 mm	KIPSILEVY ALUMIINI MUOVIPAPERI – saumat teipattuna
22 mm	ILMARAKO / KOOLAUS – kiukaan ja lauteen kohdille kiinnitysalusta esim. vanerista
15 mm	SAUNAPANELI – ARK. suunnitelmien mukaan

U-arvo: 0.17 W/m²K

 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuorttie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTY RAK-811&812-601	US8
	PÄIVÄYS REV C	
RAKENNETYYYPIT	SISÄLTÖ ASUNNON JA VARASTON VÄLINEN SEINÄ	



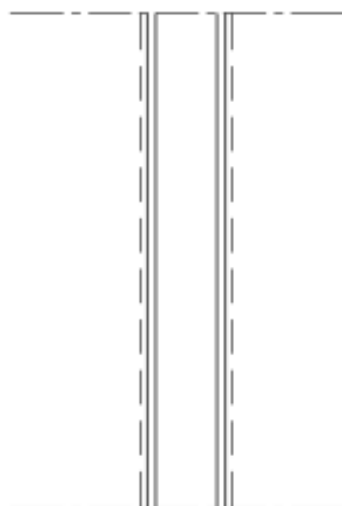
9 mm	LUJA A – pintakäsittely ark. suunnitelmien mukaan
25 mm	KOOLAUS k600
9 mm	TUULENSUOJALEVY – kipsikartonkilevy, esim. Gyproc GTS 9
198 mm	KANTAVA PUURUNKO k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037 \text{ W/mK}$ HÖYRYNSULKUMUOVI – tarkoitukseen sopiva muovi, paksuus $\geq 0,2\text{mm}$
48 mm	KOOLAUS 48x48 k600 – mineraalivilla, $\lambda \leq 0,037 \text{ W/mK}$
13 mm	KIPSIKARTONKILEVY – pintakäsittely ARK huoneselostuksen mukaan

U-arvo: 0.17 W/m²K

paloluokka REI30

myös molemminpuolista paloa vastaan, huomioitava räystäällä

 EJT RAKENNUSINSINÖÖRIT EJT-Rakennusinsinöörit Oy Nuolijatie 12 01650 VANTAA Puh. 010 422 5520	LIITTYY RAK-811 & 812-601	VS2
	PÄIVÄYS 15.05.2014	
RAKENNETYYYPIT	SISÄLTÖ KANTAVA VÄLISEINÄ	



- | | |
|-------|--|
| 13 mm | KIPSILEVY, JÄYKISTÄVÄ RAKENNUSLEVY
- nk. normaali
- pintakäsittely ARK huoneselostuksen mukaan |
| 98 mm | KANTAVA PUURUNKO 48x98
- puurunko k600 |
| 13 mm | KIPSILEVY, JÄYKISTÄVÄ RAKENNUSLEVY
- nk. normaali
- pintakäsittely ARK huoneselostuksen mukaan |

Hausia Oy

Päällikkö:

Suunnittelija: Käyttäjä

Hierarkia	Selle	Kesto	Alkaa	Huhtikuu 15					Toukokuu 15				
				18 Maanantai	19 Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Päntti	19 Maanantai	20 Tiistai	Keskiviikko	Torstai	
1	Puununkoasennus	5 pv	27.4.2015										
2	Rungon villa-asennus	4 pv	29.4.2015										
3	Julkisivut ja koolaus	5 pv	29.4.2015										
4	Sisäpuolen levytykset	2 pv	4.5.2015										
5	Ikkunaasennus	1 pv	6.5.2015										